

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6558824号
(P6558824)

(45) 発行日 令和1年8月14日(2019.8.14)

(24) 登録日 令和1年7月26日(2019.7.26)

(51) Int.Cl.
G02B 13/02 (2006.01)F I
G O 2 B 13/02

請求項の数 26 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2015-23993 (P2015-23993)
 (22) 出願日 平成27年2月10日 (2015.2.10)
 (65) 公開番号 特開2016-148707 (P2016-148707A)
 (43) 公開日 平成28年8月18日 (2016.8.18)
 審査請求日 平成30年2月1日 (2018.2.1)

特許法第30条第2項適用 掲載日は平成26年9月16日、掲載アドレスは、<http://zuikopr.olympus-imaging.com/ja-jp/>のウェブサイトへの掲載。

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都八王子市石川町2951番地
 (74) 代理人 100123962
 弁理士 斎藤 圭介
 (72) 発明者 内藤 彰子
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパスイメージング株式会社内
 (72) 発明者 小方 康司
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパスイメージング株式会社内
 (72) 発明者 原 健人
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパスイメージング株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 望遠レンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像側に順に、
 位置が固定の正屈折力の第1レンズ群と、
 無限遠物点から近距離物点へのフォーカシングの際に、光軸に沿って像側へ移動する負屈折力の第2レンズ群と、
 フォーカシングの際に光軸方向での位置が固定の正屈折力のリアレンズ群と、からなり、

前記第1レンズ群は、物体側から像側に順に、正屈折力の第1サブレンズユニットと、第2サブレンズユニットと、正屈折力の第3サブレンズユニットと、絞りと、からなり、
 前記第1サブレンズユニットは、1枚又は2枚の正の単レンズからなり、
 前記第2サブレンズユニットは、物体側から像側に順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとからなり、

前記第3サブレンズユニットは、1つの正のレンズ成分からなり、
 ここで、レンズ成分は、単レンズまたは接合レンズであって、空気に接触する光学有効面が2面のレンズであり、

前記第1サブレンズユニットと前記第2サブレンズユニットとの間隔と、前記第2サブレンズユニットと前記第3サブレンズユニットとの間隔とが、前記第1サブレンズユニットから前記第3サブレンズユニットまでの間の空気間隔の中で1番目と2番目、もしくは、2番目と1番目に長く、

10

20

以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする望遠レンズ。

$$0.4 < d_{su1o2} / d_{G1} < 0.8 \quad (1)$$

ここで、

d_{su1o2} は、前記第 1 サブレンズユニットの最も物体側に位置するレンズの物体側の面から前記第 2 サブレンズユニットの最も物体側に位置するレンズの物体側の面までの光軸上の距離、

d_{G1} は、前記第 1 レンズ群の最も物体側に位置するレンズの物体側の面から前記第 1 レンズ群の最も像側に位置するレンズの像側の面までの光軸上の距離、
である。

【請求項 2】

前記第 1 サブレンズユニットと前記第 2 サブレンズユニットの間隔と、前記第 2 サブレンズユニットと前記第 3 サブレンズユニットの間隔は、前記第 1 レンズ群中の空気間隔の中で、1 番目と 2 番目に長いことを特徴とする請求項 1 に記載の望遠レンズ。

【請求項 3】

以下の条件式 (2) を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の望遠レンズ。

$$0.4 < f_{su1} / f < 1.0 \quad (2)$$

ここで、

f_{su1} は、前記第 1 サブレンズユニットの焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の前記望遠レンズ全系の焦点距離、
である。

【請求項 4】

以下の条件式 (3) を満足することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の望遠レンズ。

$$4 < f_{su1} / d_{su1i2} < 15 \quad (3)$$

ここで、

f_{su1} は、前記第 1 サブレンズユニットの焦点距離、

d_{su1i2} は、前記第 1 サブレンズユニットの最も像側に位置するレンズの像側の面から前記第 2 サブレンズユニットの最も物体側に位置するレンズの物体側の面までの光軸上の距離、
である。

【請求項 5】

前記第 3 サブレンズユニットは、以下の条件式 (4) を満足する正レンズを少なくとも 1 枚有することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の望遠レンズ。

$$1.6 < \nu_{su3pmin} < 55 \quad (4)$$

ここで、

$\nu_{su3pmin}$ は、前記第 3 サブレンズユニット内の正レンズのアッベ数のうちで、最小となるアッベ数、
である。

【請求項 6】

以下の条件式 (5) を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の望遠レンズ。

$$0.35 < f_{su3} / f < 1 \quad (5)$$

ここで、

f_{su3} は、前記第 3 サブレンズユニットの焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の前記望遠レンズ全系の焦点距離、
である。

【請求項 7】

前記第 2 サブレンズユニットは、最も物体側に前記負レンズと前記正レンズからなる接合レンズを有することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の望遠レンズ。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記第 2 サブレンズユニットは、物体側から像側に順に、前記負レンズと前記正レンズからなる物体側接合レンズと、前記正レンズと前記負レンズからなる像側接合レンズと、を有することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の望遠レンズ。

【請求項 9】

前記リアレンズ群は、正屈折力の第 3 レンズ群と、光軸と垂直方向に移動する手ブレ低減レンズ群である負屈折力の第 4 レンズ群と、正屈折力の第 5 レンズ群と、からなることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の望遠レンズ。

【請求項 10】

以下の条件式 (6) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の望遠レンズ。

$$0.42 < d_{G1} / L_{TL} < 0.52 \quad (6)$$

ここで、

d_{G1} は、前記第 1 レンズ群の最も物体側に位置するレンズの物体側の面から前記第 1 レンズ群の最も像側に位置するレンズの像側の面までの光軸上の距離、

L_{TL} は、無限遠物点合焦時における前記望遠レンズの最も物体側に位置するレンズの物体側の面から像面までの距離、である。

【請求項 11】

以下の条件式 (7) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の望遠レンズ。

$$1 < d_{SU1S} / d_{G1} < 1.2 \quad (7)$$

ここで、

d_{SU1S} は、前記第 1 サブレンズユニットの最も物体側に位置するレンズの物体側の面から前記絞りまでの光軸上の距離、

d_{G1} は、前記第 1 レンズ群の最も物体側に位置するレンズの物体側の面から前記第 1 レンズ群の最も像側に位置するレンズの像側の面までの光軸上の距離、である。

【請求項 12】

前記第 5 レンズ群は、物体側から像側に順に、物体側接合レンズと、像側接合レンズと、を有することを特徴とする請求項 9 に記載の望遠レンズ。

【請求項 13】

以下の条件式 (8) を満足する負レンズを有することを特徴とする請求項 9 に記載の望遠レンズ。

$$0.60 < gF_{G5min} < 0.68 \quad (8)$$

ここで、

gF_{G5min} は、前記第 5 レンズ群内の負レンズの gF のうちで、最小となる gF 、

gF は、部分分散比であって、 $gF = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ で表され、

n_C 、 n_F 、 n_g は、それぞれ、C 線、F 線、g 線に対する屈折率、

である。

【請求項 14】

以下の条件式 (9) を満足することを特徴とする請求項 9 に記載の望遠レンズ。

$$0.05 \leq f_{G5} / f \leq 0.15 \quad (9)$$

ここで、

f_{G5} は、前記第 5 レンズ群の焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の前記望遠レンズ全系の焦点距離、

である。

【請求項 15】

以下の条件式 (10) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の望遠レンズ。

$$0.65 < L_{TL} / f < 0.95 \quad (10)$$

ここで、

L_{TL} は、無限遠物点合焦時における前記望遠レンズの最も物体側に位置するレンズの物体側の面から像面までの距離、

10

20

30

40

50

f は、無限遠物点合焦時の前記望遠レンズ全系の焦点距離、である。

【請求項 16】

以下の条件式 (11) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の望遠レンズ。

$$0.4 < f_{G1} / f < 0.5 \quad (11)$$

ここで、

f_{G1} は、前記第 1 レンズ群の焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の前記望遠レンズ全系の焦点距離、である。

【請求項 17】

以下の条件式 (12) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の望遠レンズ。

$$-0.25 < f_{G2} / f < -0.1 \quad (12)$$

ここで、

f_{G2} は、前記第 2 レンズ群の焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の前記望遠レンズ全系の焦点距離、である。

【請求項 18】

以下の条件式 (13) を満足することを特徴とする請求項 9 に記載の望遠レンズ。

$$0.1 < f_{G3} / f < 0.3 \quad (13)$$

ここで、

f_{G3} は、前記第 3 レンズ群の焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の前記望遠レンズ全系の焦点距離、である。

【請求項 19】

以下の条件式 (14) を満足することを特徴とする請求項 9 に記載の望遠レンズ。

$$-0.1 < f_{G4} / f < -0.03 \quad (14)$$

ここで、

f_{G4} は、前記第 4 レンズ群の焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の前記望遠レンズ全系の焦点距離、である。

【請求項 20】

前記第 2 サブレンズユニットの前記物体側接合レンズは、以下の条件式 (15) を満足する正レンズを有することを特徴とする請求項 8 に記載の望遠レンズ。

$$85 < \text{sub2op} < 100 \quad (15)$$

ここで、

sub2op は、前記第 2 サブレンズユニットの前記物体側接合レンズにおける少なくとも 1 つの正レンズのアップ数、

である。

【請求項 21】

前記第 2 サブレンズユニットの前記像側接合レンズは、以下の条件式 (16) を満足する正レンズを有することを特徴とする請求項 8 に記載の望遠レンズ。

$$70 < \text{sub2ip} < 100 \quad (16)$$

ここで、

sub2ip は、前記第 2 サブレンズユニットの前記像側接合レンズにおける少なくとも 1 つの正レンズのアップ数、

である。

【請求項 22】

以下の条件式 (17) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の望遠レンズ。

$$0.2 < Y_2 / Y_{1a} < 0.32 \quad (17)$$

ここで、

10

20

30

40

50

Y_2 は、前記第2レンズ群の入射面における軸上光線の最大光線高、
 Y_{1a} は、前記第1レンズ群の入射面における軸上光線の最大光線高、
 である。

【請求項23】

以下の条件式(18)を満足することを特徴とする請求項1に記載の望遠レンズ。

$$0.55 < Y_{1b} / Y_{1a} < 0.85 \quad (18)$$

ここで、

Y_{1a} は、前記第1レンズ群の入射面における軸上光線の最大光線高、

Y_{1b} は、前記第2サブレンズユニットの入射面における軸上光線の最大光線高、

である。

10

【請求項24】

前記第2サブレンズユニットは、以下の条件式(19)を満足する正レンズを有することを特徴とする請求項1に記載の望遠レンズ。

$$75 < d_{1bp} < 100 \quad (19)$$

ここで、

d_{1bp} は、前記第2サブレンズユニットに含まれる正レンズの最小アッベ数、

である。

【請求項25】

以下の条件式(20)を満足することを特徴とする請求項1に記載の望遠レンズ。

$$0.42 < D_{12} / D_1 < 0.75 \quad (20)$$

ここで、

D_{12} は、前記第1サブレンズユニットの入射面から前記第2サブレンズユニットの入射面までの距離、

D_1 は、前記第1サブレンズユニットの入射面から前記第3サブレンズユニットの射出面までの距離、

である。

20

【請求項26】

請求項1から25のいずれか1項に記載の望遠レンズと、

撮像面を持ち且つ前記望遠レンズにより前記撮像面上に形成された像を電気信号に変換する撮像素子と、を有することを特徴とする撮像装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、望遠レンズ及びそれを有する撮像装置に関するものである。特に、交換レンズシステム用途として最適な、望遠レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラの発展に伴い、種々のデジタルカメラ用交換レンズが提案されている。例えば、特許文献1では、正・負・正の3群構成において、第1群の最像側に絞りを配置し、第2群の移動により近距離物点へのフォーカスを行っている。この構成により、交換レンズ用途の300mm/F4の望遠レンズを実現している。

40

また、例えば、特許文献2では、正・負・正の3群構成において、第2群の移動によりフォーカスを行い、絞りは第3群中に配置されている。この構成により、交換レンズ用途の400mm/F2.8から800mm/F5.6の望遠レンズを実現している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-322986号公報

【特許文献2】特開2013-250293号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1や、特許文献2の構成では、光学系の小径化と、諸収差の補正を、両立することが困難であった。

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、光学系の小径化が達成されると共に、諸収差の発生が良好に抑制された望遠レンズ及びそれを有する撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の望遠レンズは、
物体側から像側に順に、
位置が固定の正屈折力の第1レンズ群と、
無限遠物点から近距離物点へのフォーカシングの際に、光軸に沿って像側へ移動する負屈折力の第2レンズ群と、
フォーカシングの際に光軸方向での位置が固定の正屈折力のリアレンズ群と、からなり、

第1レンズ群は、物体側から像側に順に、正屈折力の第1サブレンズユニットと、第2サブレンズユニットと、正屈折力の第3サブレンズユニットと、絞りと、からなり、

第1サブレンズユニットは、1枚又は2枚の正の単レンズからなり、

第2サブレンズユニットは、物体側から像側に順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとからなり、

第3サブレンズユニットは、1つの正のレンズ成分からなり、

ここで、レンズ成分は、単レンズまたは接合レンズであって、空気に接触する光学有効面が2面のレンズであり、

第1サブレンズユニットと第2サブレンズユニットとの間隔と、第2サブレンズユニットと第3サブレンズユニットとの間隔とが、第1サブレンズユニットから第3サブレンズユニットまでの間の空気間隔の中で1番目と2番目、もしくは、2番目と1番目に長く、

以下の条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$0.4 < d_{su102} / d_{G1} < 0.8 \quad (1)$$

ここで、

d_{su102} は、第1サブレンズユニットの最も物体側に位置するレンズの物体側の面から第2サブレンズユニットの最も物体側に位置するレンズの物体側の面までの光軸上の距離、

d_{G1} は、第1レンズ群の最も物体側に位置するレンズの物体側の面から第1レンズ群の最も像側に位置するレンズの像側の面までの光軸上の距離、である。

【0007】

また、本発明の撮像装置は、上述の望遠レンズと、撮像面を持ち且つ望遠レンズにより撮像面上に形成された像を電気信号に変換する撮像素子と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明は、光学系の小径化が達成されると共に、諸収差の発生が良好に抑制された望遠レンズ及びそれを有する撮像装置を提供できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】(a)は実施例1に係る望遠レンズの無限遠物点合焦時のレンズ断面図である。

(b)は実施例2に係る望遠レンズの無限遠物点合焦時のレンズ断面図である。

【図2】(a)は実施例3に係る望遠レンズの無限遠物点合焦時のレンズ断面図である。

(b)は実施例4に係る望遠レンズの無限遠物点合焦時のレンズ断面図である。

【図 3】(a) は実施例 5 に係る望遠レンズの無限遠物点合焦時のレンズ断面図である。
(b) は実施例 6 に係る望遠レンズの無限遠物点合焦時のレンズ断面図である。

【図 4】(a) ~ (d) は実施例 1 にかかる望遠レンズの無限遠物点合焦時における球面収差 (SA)、非点収差 (AS)、歪曲収差 (DT)、倍率色収差 (CC) を示す図である。
(e) ~ (h) は実施例 2 にかかる望遠レンズの無限遠物点合焦時における球面収差 (SA)、非点収差 (AS)、歪曲収差 (DT)、倍率色収差 (CC) を示す図である。

【図 5】(a) ~ (d) は実施例 3 にかかる望遠レンズの無限遠物点合焦時における球面収差 (SA)、非点収差 (AS)、歪曲収差 (DT)、倍率色収差 (CC) を示す図である。
(e) ~ (h) は実施例 4 にかかる望遠レンズの無限遠物点合焦時における球面収差 (SA)、非点収差 (AS)、歪曲収差 (DT)、倍率色収差 (CC) を示す図である。

【図 6】(a) ~ (d) は実施例 5 にかかる望遠レンズの無限遠物点合焦時における球面収差 (SA)、非点収差 (AS)、歪曲収差 (DT)、倍率色収差 (CC) を示す図である。
(e) ~ (h) は実施例 6 にかかる望遠レンズの無限遠物点合焦時における球面収差 (SA)、非点収差 (AS)、歪曲収差 (DT)、倍率色収差 (CC) を示す図である。

【図 7】撮像装置の断面図である。

【図 8】撮像装置の前方斜視図である。

【図 9】撮像装置の後方斜視図である。

【図 10】撮像装置の主要部の内部回路の構成ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

実施例の説明に先立ち、本発明のある態様に係る実施形態の作用効果を説明する。なお、本実施形態の作用効果を具体的に説明するに際しては、具体的な例を示して説明することになる。しかし、後述する実施例の場合と同様に、それらの例示される態様はあくまでも本発明に含まれる態様のうちの一部に過ぎず、その態様には数多くのバリエーションが存在する。したがって、本発明は例示される態様に限定されるものではない。

【0011】

本実施形態の望遠レンズは、物体側から像側に順に、正屈折力の第 1 レンズ群と、負屈折力の第 2 レンズ群と、正屈折力のリアレンズ群と、を有し、第 1 レンズ群は、物体側から像側に順に、第 1 サブレンズユニットと、第 2 サブレンズユニットと、を有し、以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする。

$$0.4 < d_{su1o2} / d_{G1} < 0.8 \quad (1)$$

ここで、

d_{su1o2} は、第 1 サブレンズユニットの最も物体側に位置するレンズの物体側の面から第 2 サブレンズユニットの最も物体側に位置するレンズの物体側の面までの光軸上の距離、

d_{G1} は、第 1 レンズ群の最も物体側に位置するレンズの物体側の面から第 1 レンズ群の最も像側に位置するレンズの像側の面までの光軸上の距離、である。

【0012】

光学系全体の全長を短縮するためには、光学系の構成をテレフォトタイプの構成にすることが好ましい。本実施形態の望遠レンズでは、正屈折力の第 1 レンズ群と負屈折力の第 2 レンズ群を、物体側から像側に、この順に配置しているので、光学系がテレフォトタイプの構成を含むことになる。よって、レンズ全長を短縮することができる。

【0013】

更に、第 2 レンズ群の像側に、正屈折力のリアレンズ群を配置している。このようにすることで、リアレンズ群によって、球面収差、コマ収差及び非点収差の発生を抑制することができる。

【0014】

また、第 1 レンズ群が第 1 サブレンズユニットと、第 2 サブレンズユニットを有することで、2 つのサブレンズユニットによって、球面収差と色収差の発生を抑制することがで

きる。

【0015】

そして、本実施形態の望遠レンズでは、上記の条件式(1)を満足する。条件式(1)は、第2サブレンズユニットのレンズ径に関する条件式である。

【0016】

条件式(1)の上限値を下回ることによって、第2サブレンズユニットにおいて適切なレンズ径を確保しつつ、第2サブレンズユニットに入射する光線の高さを、ある程度高くすることができる。これにより、第2サブレンズユニットによって、収差の発生を抑制することができる。また、第2サブレンズユニットで収差の発生を十分に抑制できるので、第1サブレンズユニットにおけるレンズの枚数を少なくすることができる。もしくは、第1サブレンズユニットの屈折力を小さくする必要がなくなる。その結果、光学系全体の全長や重量を小さくすることができる。

10

【0017】

下限値を上回ることによって、第1サブレンズユニットと第2サブレンズユニットとの間の軸上間隔を適切に確保できる。この場合、第2サブレンズユニットに入射する光線の高さが低くなるので、第2サブレンズユニットにおけるレンズ径を小さくすることができる。

【0018】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0.4 < f_{su1} / f < 1.0 \quad (2)$$

ここで、

f_{su1} は、第1サブレンズユニットの焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の望遠レンズ全系の焦点距離、

である。

【0019】

条件式(2)は、第1サブレンズユニットの屈折力に関する条件式である。

【0020】

条件式(2)の上限値を下回ることによって、第1サブレンズユニットの屈折力が大きくなる。これにより、第2サブレンズユニットへ入射する光線の高さを低くすることができるため、第2サブレンズユニットを小型軽量化することができる。また、レンズ全体も小型軽量化することができる。

20

30

【0021】

条件式(2)の下限値を上回ることによって、第1サブレンズユニットの屈折力を小さくすることができるため、高次の球面収差の発生を抑制することができる。

【0022】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$4 < f_{su1} / d_{su1i2} < 15 \quad (3)$$

ここで、

f_{su1} は、第1サブレンズユニットの焦点距離、

d_{su1i2} は、第1サブレンズユニットの最も像側に位置するレンズの像側の面から第2サブレンズユニットの最も物体側に位置するレンズの物体側の面までの光軸上の距離、

40

【0023】

条件式(3)の上限値を下回ることによって、第2サブレンズユニットへ入射する光線の高さを低くすることができるため、第2サブレンズユニットを小型軽量化することができる。また、レンズ全体も小型軽量化することができる。

【0024】

条件式(3)の下限値を上回ることによって、第2サブレンズユニットに入射する光線の高さを、ある程度高くすることができる。そのため、第1サブレンズユニットで発生した各種の収差を、第2サブレンズユニットで低減することができる。

【0025】

50

また、本実施形態の望遠レンズでは、第 1 レンズ群は、第 2 サブレンズユニットの像側に第 3 サブレンズユニットを有することが好ましい。

【 0 0 2 6 】

このようにすることで、残収差（ 2 次スペクトル）、すなわち、第 1 サブレンズユニットと第 2 サブレンズユニットで補正しきれなかった収差を、第 3 サブレンズユニットで良好に補正をすることができる。

【 0 0 2 7 】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第 1 サブレンズユニットの屈折力と第 3 サブレンズユニットの屈折力は、共に正屈折力であることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

上述のように、光学系の構成をテレフォトタイプの構成にすることで、光学系全体の全長を短縮する作用が得られる。第 1 レンズ群の正屈折力を強めることで、この作用を大きくすることができる。その結果、光学系全体の全長をより短縮することができる。

【 0 0 2 9 】

第 1 サブレンズユニットの屈折力と第 3 サブレンズユニットの屈折力を、共に正屈折力にすることで、第 1 レンズ群における正屈折力を、 2 つのサブレンズユニットで分担することができる。そのため、第 1 レンズ群の正屈折力を強めても、収差の発生を抑制することができる。その結果、光学系全体の全長をより短縮しつつ、光学系の結像性能を良好に保つことができる。

【 0 0 3 0 】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第 3 サブレンズユニットは、以下の条件式（ 4 ）を満足する正レンズを少なくとも 1 枚有することが好ましい。

$$1.6 < \nu_{su3min} < 5.5 \quad (4)$$

ここで、

ν_{su3min} は、第 3 サブレンズユニット内の正レンズの阿ッペ数のうちで、最小となる阿ッペ数、である。

【 0 0 3 1 】

条件式（ 4 ）の上限値を下回することで、第 3 サブレンズユニットに高分散の正レンズを配置することができる。高分散の硝材は gF （部分分散比）が大きいので、第 3 サブレンズユニットにおいて、正レンズの gF を大きくすることができる。その結果、残収差（ 2 次スペクトル）、すなわち、第 1 サブレンズユニットと第 2 サブレンズユニットで補正しきれなかった収差を、第 3 サブレンズユニットで良好に補正をすることができる。

【 0 0 3 2 】

条件式（ 4 ）の下限値を上回することで、正レンズに使用する硝材の選択を容易にすることができる。

【 0 0 3 3 】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式（ 5 ）を満足することが好ましい。

$$0.35 < f_{su3} / f < 1 \quad (5)$$

ここで、

f_{su3} は、第 3 サブレンズユニットの焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の望遠レンズ全系の焦点距離、である。

【 0 0 3 4 】

条件式（ 5 ）の上限値を下回することで、第 1 レンズ群における正屈折力を十分に確保することができる。条件式（ 5 ）の下限値を上回することで、第 3 サブレンズユニットで発生する収差を抑制することができる。

【 0 0 3 5 】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第 1 サブレンズユニットは、 1 枚又は 2 枚の単レンズからなることが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

第 1 サブレンズユニットにおけるレンズの枚数が増えると、光学系全体の重量が増え、またコストも上がるため好ましくない。第 1 サブレンズユニットを 1 枚又は 2 枚の単レンズで構成することで、光学系全体の軽量化とコスト低減が行える。

【 0 0 3 7 】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第 2 サブレンズユニットは、物体側から像側に順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズと、を有することが好ましい。

【 0 0 3 8 】

第 2 サブレンズユニットでは、主に、第 1 サブレンズユニットで発生した球面収差と色収差の補正を行う。第 2 サブレンズユニットに負レンズと正レンズを配置することで、第 1 レンズ群全体の正屈折力を著しく小さくすることなく諸収差、特に球面収差と色収差を良好に補正することができる。

10

【 0 0 3 9 】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第 2 サブレンズユニットは、最も物体側に接合レンズを有することが好ましい。

【 0 0 4 0 】

接合レンズを配置することで、空気接触面を単レンズと同じ面数にしたまま、色収差に対して大きな補正効果を得ることができる。このように、接合レンズの配置は、色収差補正に有利となる。

【 0 0 4 1 】

20

また、本実施形態の望遠レンズでは、第 2 サブレンズユニットは、物体側から像側に順に、物体側接合レンズと、像側接合レンズと、を有することが好ましい。

【 0 0 4 2 】

上述のように、接合レンズを配置することで、空気接触面を単レンズと同じ面数にしたまま、色収差に対して大きな補正効果を得ることができる。2 つの接合レンズを配置することで、より大きな色収差補正の効果を得ることができるので、色収差を更に良好に補正することができる。

【 0 0 4 3 】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第 2 サブレンズユニットの物体側接合レンズは、物体側から像側に順に、負の単レンズと、正の単レンズと、からなり、第 2 サブレンズユニットの像側接合レンズは、物体側から像側に順に、正の単レンズと、負の単レンズと、からなることが好ましい。

30

【 0 0 4 4 】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第 3 サブレンズユニットは 1 つのレンズ成分からなることが好ましい。

ここで、レンズ成分は、単レンズまたは接合レンズであって、空気接触する光学有効面が 2 面のレンズである。

【 0 0 4 5 】

第 3 サブレンズユニットでは、主に、軸上色収差の補正を行う。そのため、第 3 サブレンズユニットを 1 つのレンズ成分で構成することができる。また、第 3 サブレンズユニットに正屈折力を持たせる場合も、1 つのレンズ成分で十分な屈折力を確保することができる。

40

【 0 0 4 6 】

レンズ成分として接合レンズを用いることで、球面収差を良好に補正することができる。

【 0 0 4 7 】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式 (6) を満足することが好ましい。

$$0.42 < d_{G1} / L_{TL} < 0.52 \quad (6)$$

ここで、

d_{G1} は、第 1 レンズ群の最も物体側に位置するレンズの物体側の面から第 1 レンズ群の

50

最も像側に位置するレンズの像側の面までの光軸上の距離、

L_{TL} は、無限遠物点合焦時における望遠レンズの最も物体側に位置するレンズの物体側の面から像面までの距離、
である。

【0048】

条件式(6)の上限値を下回ること、光学系の全長を短縮することができる。条件式(6)の下限値を上回ること、第1レンズ群の径方向の大きさを小さくすることができる。 L_{TL} は、空気換算しないときの距離である。

【0049】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式(7)を満足することが好ましい。

$$1 < d_{su1s} / d_{G1} < 1.2 \quad (7)$$

ここで、

d_{su1s} は、第1サブレンズユニットの最も物体側に位置するレンズの物体側の面から絞りまでの光軸上の距離、

d_{G1} は、第1レンズ群の最も物体側に位置するレンズの物体側の面から第1レンズ群の最も像側に位置するレンズの像側の面までの光軸上の距離、
である。

【0050】

条件式(7)を満足することで、絞り(開口絞り)が第1レンズ群と第2レンズ群の間に位置することになる。その結果、絞りを駆動する機構(メカ)の簡素化と光学系全体の小径化が可能になる。

【0051】

また、本実施形態の望遠レンズでは、リアレンズ群は、正屈折力の第3レンズ群と、負屈折力の第4レンズ群と、正屈折力の第5レンズ群と、を有することが好ましい。

【0052】

第3レンズ群が正屈折力を持つことで、第1レンズ群と第2レンズ群を通過した光線を、第3レンズ群で収束させることができる。これにより、第4レンズ群に入射する光束を小さくできるので、第4レンズ群におけるレンズを小径化することが容易になる。また、第5レンズ群に正屈折力を持たせることで、第4レンズ群の負屈折力を大きくすることが可能となる。

【0053】

このように、リアレンズ群における屈折力の配置を、正屈折力、負屈折力、正屈折力とすることで、ペッツバル和を良好にすることができる。その結果、非点収差の発生を抑制することができる。

【0054】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第5レンズ群は、物体側から像側に順に、物体側接合レンズと、像側接合レンズと、を有することが好ましい。

【0055】

第5レンズ群は像面の近くに配置される。そこで、第5レンズ群が2つの接合レンズを有することで、第5レンズ群の屈折力を大きくすることができる。これにより、ペッツバル和を良好にすると同時に、軸上色収差に与える影響を最小限に抑えた状態で、倍率色収差を効果的に補正することが可能になる。

【0056】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式(8)を満足することが好ましい。

$$0.60 < gF_{G5min} < 0.68 \quad (8)$$

ここで、

gF_{G5min} は、第5レンズ群内の負レンズの gF のうちで、最小となる gF 、

gF は、部分分散比であって、 $gF = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ で表され、

n_C 、 n_F 、 n_g は、それぞれ、C線、F線、g線に対する屈折率、

である。

10

20

30

40

50

【0057】

一般的に、分散が大きくなると部分分散比も大きくなる。分散が特に大きい硝材、つまり部分分散比が特に大きな硝材を第5レンズ群の負レンズに使用することによって、短波長側の倍率色収差を良好に補正することが可能になる。

【0058】

条件式(8)を満足することによって、短波長側の倍率色収差を良好に補正することができる。また、第5レンズ群以外のレンズ群において、正レンズに高屈折率で高分散の硝材を用いる場合に、選択の幅が広がる。その結果、光学系全体の小型化と軽量化が可能になる。

【0059】

条件式(8)の下限値を上回ることによって、良好な色消し効果(C線とF線の傾き補正)を得ると同時に、2次スペクトルを小さくすることができる。

【0060】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式(9)を満足することが好ましい。

$$0.05 < f_{G5} / f < 0.15 \quad (9)$$

ここで、

f_{G5} は、第5レンズ群の焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の望遠レンズ全系の焦点距離、である、

【0061】

条件式(9)の上限値を下回ることによって、第5レンズ群の屈折力を適切に確保することができる。その結果、光学系の全長を短縮することができる。条件式(9)の下限値を上回ることによって、第5レンズ群の屈折力が大きくなりすぎることを抑制できる。その結果、収差の発生を抑制すると同時に、適切な長さのバックフォーカスを確保することができる。

【0062】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式(10)を満足することが好ましい。

$$0.65 < L_{TL} / f < 0.95 \quad (10)$$

ここで、

L_{TL} は、無限遠物点合焦時における望遠レンズの最も物体側に位置するレンズの物体側の面から像面までの距離、

f は、無限遠物点合焦時の望遠レンズ全系の焦点距離、である、

【0063】

条件式(10)の上限値を下回ることによって、光学系の全長を短くすることができる。条件式(10)の下限値を上回ることによって、各レンズ群での屈折力を小さくすることができる。そのため、光学性能を良好にすることができる。

【0064】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第5レンズ群の物体側接合レンズは、物体側から像側に順に、正の単レンズと、負の単レンズと、からなり、第5レンズ群の像側接合レンズは、物体側から像側に順に、正の単レンズと、負の単レンズと、からなることが好ましい。

【0065】

第5レンズ群を2つの接合レンズで構成することによって、像面湾曲、歪曲収差及び球面収差の発生を抑制した上で、第5レンズ群の屈折力を大きくすることができる。

【0066】

第5レンズ群が複数の正レンズを有することは、コマ収差や色収差の補正に有利となる。また、物体側接合レンズと像側接合レンズの両方において、物体側から像側に順に、正の単レンズと負の単レンズを配置することにより、接合面における軸外光の入射角度を小さくすることができる。そのため、倍率色収差の発生を抑制することができる。

【0067】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第4レンズ群は、光軸と垂直方向に移動する手ブレ低減レンズを有することが好ましい。

【0068】

上述のように、第5レンズ群を2つの接合レンズで構成することで、第5レンズ群の屈折力を強めることができる。その結果、第4レンズ群を偏心させたときの像の移動量が大きくなる。すなわち、第4レンズ群の手ブレ感度を高くすることができる。このようなことから、第4レンズ群に手ブレ低減レンズを配置することが好ましい。

【0069】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第1レンズ群と第2レンズ群との間に絞りが配置されていることが好ましい。

10

【0070】

このようにすることで、絞りを駆動する機構（メカ）の簡素化とレンズ全体の小径化が可能になる。

【0071】

また、本実施形態の望遠レンズでは、フォーカシングの際に、第2レンズ群は光軸方向に移動することが好ましい。

【0072】

このようにすることで、インナーフォーカス方式によるフォーカシングを行うことができる。インナーフォーカス方式を採用することにより、光学系全体の小型化が可能になるので、フォーカス速度の高速化も可能になる。

20

【0073】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第3レンズ群は、1つのレンズ成分からなることが好ましい。

ここで、レンズ成分は、単レンズまたは接合レンズであって、空気接触する光学有効面が2面のレンズである。

【0074】

他のレンズ群の屈折力やレンズ形状を最適にすることで、第3レンズ群は最小枚数のレンズで構成することが可能になる。第3レンズ群を1つのレンズ成分で構成することで、光学系全体の小型化が可能になる。

【0075】

30

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式（11）を満足することが好ましい。

$$0.4 < f_{G1} / f < 0.5 \quad (11)$$

ここで、

f_{G1} は、第1レンズ群の焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の望遠レンズ全系の焦点距離、である。

【0076】

条件式（11）の上限値を下回ること、第1レンズ群の屈折力を適切に確保することができる。その結果、テレフォトタイプの構成による作用が得やすくなるので、光学系の全長を短くすることができる。条件式（11）の下限値を上回ること、第1レンズ群における正の屈折力が大きくなりすぎないので、高次の球面収差及び軸上色収差の発生を抑制することができる。

40

【0077】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式（12）を満足することが好ましい。

$$-0.25 < f_{G2} / f < -0.1 \quad (12)$$

ここで、

f_{G2} は、第2レンズ群の焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の望遠レンズ全系の焦点距離、である。

【0078】

50

条件式(12)の上限値を下回ること、第2レンズ群の屈折力を適切に確保することができる。また、第2レンズ群でフォーカスを行う場合、第2レンズ群の屈折力を大きくすることができる。この場合、フォーカシングの際の第2レンズ群の移動量を減少させることができるので、高速にフォーカスすることができる。

【0079】

条件式(12)の下限値を上回ること、球面収差の発生を抑制することができる。

【0080】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式(13)を満足することが好ましい。

$$0.1 < f_{G3} / f < 0.3 \quad (13)$$

ここで、

f_{G3} は、第3レンズ群の焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の望遠レンズ全系の焦点距離、
である。

【0081】

第3レンズ群では、第1レンズ群と第2レンズ群を通過した光線を、さらに正屈折力により収束させている。これにより、第4レンズ群のレンズ径の小径化を容易にしている。

【0082】

条件式(13)の上限値を下回ること、第3レンズ群の屈折力を大きくすることができるため、第4レンズ群をより小径化することができる。条件式(13)の下限値を上回ること、球面収差とコマ収差の発生を抑制することができる。また、第3レンズ群を構成するレンズ成分の数を少なくすることができるので、光学系全体を小型化することができる。

【0083】

また、本実施形態の望遠レンズは、以下の条件式(14)を満足することが好ましい。

$$-0.1 < f_{G4} / f < -0.03 \quad (14)$$

ここで、

f_{G4} は、第4レンズ群の焦点距離、

f は、無限遠物点合焦時の望遠レンズ全系の焦点距離、
である。

【0084】

条件式(14)の下限値を上回ること、第4レンズ群の屈折力を大きくすることができる。その結果、第4レンズ群を小径化することができる。また、第4レンズ群が手ブレ低減レンズを有する場合、ブレ補正感度を高めることができる。

【0085】

条件式(14)の上限値を下回ること、第4レンズ群の屈折力を小さくすることができる。その結果、各種収差の発生、特に球面収差、コマ収差及び歪曲収差の発生を抑制することができる。

【0086】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第1レンズ群は所定の接合レンズを有することが好ましい。

【0087】

接合レンズを有することで、色収差に対して大きな補正効果を得ることができる。また、光学系の組み立ても容易となる。また、第2サブレンズユニットが2つの接合レンズで構成されている場合、所定の接合レンズは、3番目の接合レンズになる。この場合、第1レンズ群は3つの接合レンズを有することになる。そのため、色収差に対してより大きな補正効果を得ることができる。

【0088】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第2サブレンズユニットの物体側接合レンズは、少なくとも1つの正レンズを有し、以下の条件式(15)を満足することが好ましい。

$$85 < \text{sub2op} < 100 \quad (15)$$

ここで、

$_{sub2op}$ は、第2サブレンズユニットの物体側接合レンズにおける少なくとも1つの正レンズのアップ数、
である。

【0089】

光学系の全長を短縮するためには、第1レンズ群の正屈折力をなるべく大きくすることが好ましい。ここで、第2サブレンズユニットの物体側接合レンズ内の正レンズの硝材には、分散が小さく、かつ異常分散性を持った硝材を選択することが好ましい。

【0090】

条件式(15)を満足することで、第1レンズ群の屈折力が大きい場合であっても、色収差における1次の色消し効果だけでなく、2次スペクトルに対する補正効果も十分に得ることができる。

【0091】

条件式(15)の上限値を下回ること、正レンズに使用する硝材の選択が容易になる。条件式(15)の下限値を上回ること、色収差の発生を抑制することができる。

【0092】

また、本実施形態の望遠レンズでは、第2サブレンズユニットの像側接合レンズは、少なくとも1つの正レンズを有し、以下の条件式(16)を満足することが好ましい。

$$70 < {}_{sub2ip} < 100 \quad (16)$$

ここで、

$_{sub2ip}$ は、第2サブレンズユニットの像側接合レンズにおける少なくとも1つの正レンズのアップ数、
である。

【0093】

光学系の全長を短縮するためには、第1レンズ群の正屈折力をなるべく大きくすることが好ましい。ここで、第2サブレンズユニットの像側接合レンズ内の正レンズの硝材には、分散が小さく、かつ異常分散性を持った硝材を選択することが好ましい。

【0094】

条件式(16)を満足することで、第1レンズ群の屈折力が大きい場合であっても、色収差における1次の色消し効果だけでなく、2次スペクトルに対する補正効果も十分に得ることができる。

【0095】

条件式(16)の上限値を下回ること、正レンズに使用する硝材の選択が容易になる。条件式(16)の下限値を上回ること、色収差の発生を抑制することができる。

【0096】

また、本実施形態の望遠レンズは、物体側より順に、正屈折力の第1群と、負屈折力の第2群と、正屈折力の第3群と、を有し、第2群を像側へ移動することによって無限遠物点から近距離物点への合焦を行い、下記の条件式(17)を満足することを特徴とする。

$$0.2 < Y_2 / Y_{1a} < 0.32 \quad (17)$$

ここで、

Y_2 は、第2群の入射面における軸上光線の最大光線高、

Y_{1a} は、第1群の入射面における軸上光線の最大光線高、

である。

【0097】

望遠レンズは、その焦点距離の長さのために、レンズ径が大きくなることは避けられない。特に、入射光束径は、望遠レンズの仕様で決まる。このため、仕様に応じて、必要な大きさを確保しなければならない。本実施形態の望遠レンズは、正・負・正の3群で構成され、第2群でフォーカスを行っている。通常、この構成では、第2群の径も大きくなりがちであり、フォーカス群の重量が大きくなり、高速な駆動が難しくなる。ここで、本実施形態では、いわゆるインナーフォーカス方式を採用している。フォーカシングの際、第

10

20

30

40

50

2群を像側へ移動することによって無限遠物点から近距離物点への合焦を行う。これにより、レンズ全長を固定できるため、操作性を向上できる。このように、本実施形態では、フォーカス群の小型化・軽量化を達成し、かつ収差補正の良好な望遠レンズを実現できる。

【0098】

条件式(17)は、第1群の入射面における軸上光束の最大光線高と、第2群の入射面における軸上光束の最大光線高との比に関するものである。第1群へ入射する最大光線高は、望遠レンズの仕様で決まる。これに対して、第2群へ入射する最大光線高は、適切に設計することが可能である。

【0099】

条件式(17)の上限を上回ると、第2群の径が大きくなり、軽量化が困難となる。条件式(17)の下限を下回るまで光線高を小さくすると、軽量化には有利であるが、第1群での収差補正が困難となる。あるいは、レンズ枚数の増加や全長の増加を招くので好ましくない。

【0100】

言い換えると、条件式(17)の上限を下回ることによって、第2群におけるレンズ径が大きくなりすぎない。そのため、光学系を軽量化することができる。条件式(17)の下限を上回ることによって、第1群での収差補正が容易になる。また、レンズ枚数の増加や光学系の全長の増加を防止することができる。このように、条件式(17)を満足することで、軽量であり、かつ良好な収差補正を達成した望遠レンズを実現することができる。

【0101】

なお、絞りは、第1群の最も像側に配置することが好ましい。これにより、絞りは、常に固定である上、全体の中央付近に配置することができる。この結果、軸外光線に対して収差補正が容易となる。

【0102】

本実施形態では、第1群は、物体側より順に、1枚または2枚の正レンズからなる第1a群と、負正の接合レンズと正負の接合レンズからなる第1b群と、単レンズまたは接合レンズからなる第1c群により構成されることが望ましい。

【0103】

第1a群は、入射光束を収斂させて、第1a群以降のレンズ径を小型化する役割を有する。第1b群は、d線における球面収差と色収差を補正するための役割を有する。第1b群における各接合レンズを構成するレンズは、屈折率の差とアッペ数の差が大きいことが望ましい。また、第1b群における各接合レンズを構成する正レンズとして、異常分散性の大きな硝材を使用することが好ましい。第1c群は、光束の収斂作用と、d線におけるコマ収差補正の役割を有する。第1c群を接合レンズにより構成する場合、2枚のレンズの屈折率の差を大きくすることが好ましい。

【0104】

本実施形態では、下記の条件式(18)を満足することが望ましい。

$$0.55 < Y_{1b} / Y_{1a} < 0.85 \quad (18)$$

ここで、

Y_{1a} は、第1群の入射面における軸上光線の最大光線高、

Y_{1b} は、第1b群の入射面における軸上光線の最大光線高、

である。

【0105】

条件式(18)は、第1a群(=第1群)の入射面における軸上光束の最大光線高と、第1b群の入射面における軸上光束の最大光線高の比に関するものである。条件式(18)を満足することで、第1b群の径を小さくできる。第1b群に含まれる接合レンズは、いずれのレンズも高い加工精度が必要とされる。本実施形態では、条件式(18)を満足するように、レンズ径を小さくすることで、接合レンズの加工難易度を下げることができる。

【 0 1 0 6 】

条件式 (1 8) の上限を上回って、第 1 b 群の径が大きくなると、レンズの加工が困難となる。

条件式 (1 8) の下限を下回って、径が小さくなると、全レンズ長の大型化を招くか、または収差補正が困難となる。

【 0 1 0 7 】

言い換えると、条件式 (1 8) の上限を下回ること、第 1 b 群のレンズ径が大きくなりすぎない。そのため、レンズの加工が容易になる。条件式 (1 8) の下限を上回ること、第 1 b 群のレンズ径が小さくなりすぎない。そのため、光学系の全長の増大を防止することができる。あるいは、収差補正が容易になる。

10

【 0 1 0 8 】

本実施形態では、第 2 群は接合レンズからなることが望ましい。これにより、近距離物点での色収差を良好に補正することができる。

【 0 1 0 9 】

本実施形態では、第 3 群は、正屈折力の第 3 a 群と、負屈折力の第 3 b 群と、正屈折力の第 3 c 群と、からなり、第 3 b 群を光軸と垂直な方向に移動させて、手ブレを補正することが望ましい。

【 0 1 1 0 】

このように、第 3 群においてパワー配置することで、手ブレ補正時の感度を上げることができる。これにより、第 3 b 群の移動量を小さくすることができる。この結果、手ブレ補正時の収差を良好に補正できる。なお、手ブレ補正時の感度とは、レンズ群の移動量に対する像の変動量を意味する。

20

【 0 1 1 1 】

本実施形態では、第 3 a 群は、単レンズまたは接合レンズにて構成されることが望ましい。ここで、第 3 a 群を接合レンズで構成する方が単レンズで構成するよりも、色収差をより良好に補正できる。

【 0 1 1 2 】

本実施形態では、第 3 b 群は、正負の接合レンズと負レンズにて構成されることが望ましい。これにより、手ブレ補正時の色収差と像面湾曲を良好に補正できる。

【 0 1 1 3 】

本実施形態では、第 3 c 群は、正負の接合レンズと正負の接合レンズにて構成されることが望ましい。

30

第 3 c 群に、2 つの接合レンズを配置することにより、倍率色収差を良好に補正できる。特に、画面周辺の解像力の向上や色収差の性能向上に良い効果を得られる。

【 0 1 1 4 】

本実施形態は、下記の条件式 (1 9) を満足することが望ましい。

$$75 < d_{1bp} < 100 \quad (19)$$

ここで、

d_{1bp} は、第 1 b 群に含まれる正レンズの最小アッベ数、である。

40

【 0 1 1 5 】

条件式 (1 9) は、第 1 b 群に含まれる 2 枚の正レンズに関し、そのアッベ数を定めるものである。条件式 (1 9) の上限を上回ると、レンズに使用できる硝材がなくなってしまう。条件式 (1 9) の下限を下回ると、異常分散性の大きな硝材が存在しなくなる。すなわち、条件式 (1 9) の下限を上回ること、異常分散性の大きな硝材で正レンズを構成することができる。このように、本実施形態では、条件式 (1 9) を満たすことで色収差を良好に補正できる。

【 0 1 1 6 】

本実施形態では、下記の条件式 (2 0) を満足することが望ましい。

$$0.42 < D_{12} / D_1 < 0.75 \quad (20)$$

50

ここで、

D_{12} は、第1 a群の入射面から第1 b群の入射面までの距離、

D_1 は、第1 a群の入射面から第1 c群の射出面までの距離、

である。

【0117】

条件式(20)は、第1 a群と第1 b群の距離に関するものである。この距離は、光軸上での距離であって、空気換算しないときの距離である。条件式(20)の上限を上回ると、軸上光線の光線高が低くなる。このため、第1 b群以降での球面収差の補正が困難となる。あるいは、レンズの全長が大きくなり好ましくない。

条件式(20)の下限を下回ると、収差補正は有利である反面、第1 b群の加工が困難となる。

【0118】

言い換えると、条件式(20)の上限を下回ることによって、軸上光線の高さが低くなりすぎない。このため、後方のレンズ群での球面収差の補正が容易になる。後方のレンズ群とは、第1 b群よりも像側に位置するレンズ群のことである。あるいは、光学系の全長の増大を抑制することができる。条件式(20)の下限を上回ることによって、第1 b群を構成するレンズの加工が容易になる。このように、本実施形態は、条件式(20)を満たすことで、加工のしやすさと良好な収差補正を同時に実現できる。

【0119】

一方、近年の潮流として、静止画だけでなく動画撮影へのニーズが高まっている。このため、レンズ交換式のデジタルカメラにおいても、動画撮影機能に最適化された交換レンズが求められている。一般に、動画撮影においては、オートフォーカス(AF)を、常時働かせて合焦状態を維持しておく必要がある。その方法として、フォーカスレンズを合焦位置の前後に、常に微小量動かすこと、いわゆるウォブリングを行う。このとき、撮像された画像のコントラストの変化を測定し、合焦状態が変化すると判断された場合には、フォーカスレンズを適切に移動させる。そして、再度、合焦し直すように動作させる。このようなウォブリング機構により、被写体との距離が変化しても、常に合焦状態を維持し続けることができる。

【0120】

ウォブリングでは、ボディのフレームレートに応じて、非常に高速な動作が必要とされる。このため、ウォブリングにおいて、適切な駆動制御を行うためには、フォーカスレンズの軽量化、移動量の少なさが求められている。

【0121】

さらに、動画撮影では音声も同時に記録することが多い。このため、動画撮影時に、ウォブリングに伴い音が発生すると、この音が音声として記録されてしまう。このように、ウォブリング時の静音化も重要な課題である。

なお、通常はフォーカスレンズとウォブリングレンズとは同一のレンズである構成が多い。しかしながら、これに限られず、フォーカスレンズとウォブリングレンズを別々のレンズ群として構成することもある。

【0122】

このように、動画撮影に対応するレンズは、多くの解決すべき課題を有する。特にフォーカスレンズ群には、軽量化が求められている。本実施形態は、このような課題を解決する事も可能であり、上述したようなレンズ構成を用いることにより、フォーカス群の小型化・軽量化を実現している。

【0123】

また、本実施形態の撮像装置は、上記のいずれか一つの実施形態の望遠レンズと、撮像面を持ち且つ望遠レンズにより撮像面上に形成された像を電気信号に変換する撮像素子と、を有することを特徴とする。

【0124】

また、上述の構成は相互に複数を同時に満足することがより好ましい。また、一部の構

10

20

30

40

50

成を同時に満足するようにしてもよい。

【 0 1 2 5 】

また、条件式については、それぞれの条件式を個別に満足させるようにしても良い。このようにすると、それぞれの効果を得やすくなるので好ましい。

【 0 1 2 6 】

また、各条件式について、以下のように下限値、または上限値を変更しても良い。このようにすることで、各条件式の効果を一層確実にできるので好ましい。

【 0 1 2 7 】

条件式 (1) については、下限値を 0 . 4 1 7、0 . 4 3 4、0 . 4 5 1、上限値を 0 . 7 7 3、0 . 7 4 6、0 . 7 1 9 にすることが好ましい。

10

条件式 (2) については、下限値を 0 . 4 2 2、0 . 4 4 4、0 . 4 6 7、上限値を 0 . 9 8 1、0 . 9 6 3、0 . 9 4 4 にすることが好ましい。

条件式 (3) については、下限値を 4 . 1 5 4、4 . 3 0 7、4 . 4 6 1、上限値を 1 3 . 8 6 5、1 2 . 7 3 0、1 1 . 5 9 6 にすることが好ましい。

条件式 (4) については、下限値を 1 8 . 3 6 5、2 0 . 7 3 0、2 3 . 0 9 5、上限値を 5 4 . 4 9 3、5 3 . 9 8 5、5 3 . 4 7 8 にすることが好ましい。

条件式 (5) については、下限値を 0 . 3 5 6、0 . 3 6 3、0 . 3 6 9、上限値を 0 . 9 9 2、0 . 9 8 4、0 . 9 7 7 にすることが好ましい。

条件式 (6) については、下限値を 0 . 4 2 6、0 . 4 3 2、0 . 4 3 9、上限値を 0 . 5 1 9、0 . 5 1 8 にすることが好ましい。

20

条件式 (7) については、下限値を 1 . 0 0 5、1 . 0 1 0、1 . 0 1 5、上限値を 1 . 1 6 0、1 . 1 2 0、1 . 0 8 0 にすることが好ましい。

条件式 (8) については、下限値を 0 . 6 0 1、0 . 6 0 2、上限値を 0 . 6 7 2、0 . 6 6 5、0 . 6 5 7 にすることが好ましい。

条件式 (9) については、下限値を 0 . 0 6 3、0 . 0 7 5、0 . 0 8 8、上限値を 0 . 1 4 3、0 . 1 3 5、0 . 1 2 8 にすることが好ましい。

条件式 (1 0) については、下限値を 0 . 6 8 3、0 . 7 1 6、0 . 7 5 0、上限値を 0 . 9 3 2、0 . 9 1 4、0 . 8 9 6 にすることが好ましい。

条件式 (1 1) については、下限値を 0 . 4 0 9、0 . 4 1 8、0 . 4 2 7、上限値を 0 . 4 9 1、0 . 4 8 2、0 . 4 7 3 にすることが好ましい。

30

条件式 (1 2) については、下限値を - 0 . 2 3 1、- 0 . 2 1 3、- 0 . 1 9 4、上限値を - 0 . 1 1 4、- 0 . 1 2 8、- 0 . 1 4 1 にすることが好ましい。

条件式 (1 3) については、下限値を 0 . 1 1 7、0 . 1 3 4、0 . 1 5 1、上限値を 0 . 2 8 1、0 . 2 6 1、0 . 2 4 2 にすることが好ましい。

条件式 (1 4) については、下限値を - 0 . 0 9 1、- 0 . 0 8 3、- 0 . 0 7 4、上限値を - 0 . 0 3 8、- 0 . 0 4 5、- 0 . 0 5 3 にすることが好ましい。

条件式 (1 5) については、下限値を 8 7 . 4 8 3、8 9 . 9 6 5、9 2 . 4 4 8、上限値を 9 8 . 7 7 5、9 8 . 0 0 0、9 6 . 0 0 0 にすることが好ましい。

条件式 (1 6) については、下限値を 7 2 . 8 8 5、7 5 . 7 7 0、7 8 . 6 5 5、上限値を 9 8 . 7 7 5、9 8 . 0 0 0、9 6 . 0 0 0 にすることが好ましい。

40

条件式 (1 7) については、下限値を 0 . 2 5、上限値を 0 . 3 または 0 . 2 8 にすることが好ましい。

条件式 (1 8) については、下限値を 0 . 5 8、0 . 6 0、上限値を 0 . 8 または 0 . 7 9 にすることが好ましい。

条件式 (1 9) については、下限値を 7 6、7 8、上限値を 9 8、9 6 にすることが好ましい。

条件式 (2 0) については、下限値を 0 . 4 3、0 . 4 6、上限値を 0 . 7 3、0 . 7 0 にすることが好ましい。

【 0 1 2 8 】

以下、望遠レンズの実施例 1 ~ 6 について説明する。実施例 1 ~ 6 の無限遠物点合焦時

50

のレンズ断面図を、それぞれ図 1 ~ 図 3 に示す。実施例 1 ~ 6 は、物体側より順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2 と、正屈折力のリアレンズ群 G R と、から構成される。リアレンズ群 G R は、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 と、負正屈折力の第 4 レンズ群 G 4 と、正屈折力の第 5 レンズ群 G 5 と、から構成される。第 2 レンズ群 G 2 は、像側へ移動して、無限遠物点から近距離物点へのフォーカシングを行う。

【 0 1 2 9 】

また、開口絞り（明るさ絞り）は S、像面（撮像面）は I で示してある。フォーカスの際に移動するレンズ群の移動は光軸 A X に平行な矢印、手ぶれ補正の際に移動するレンズ群の動きは光軸 A X に垂直な矢印で示している。

【 0 1 3 0 】

10

なお、最も像側に位置するレンズ群と像面 I との間に、ローパスフィルタを構成する平行平板や、電子撮像素子のカバーガラスを配置しても良い。この場合、平行平板の表面に、赤外光を制限する波長域制限コートを施しても良い。また、カバーガラスの表面に波長域制限用の多層膜を施してもよい。また、そのカバーガラスにローパスフィルタ作用を持たせるようにしてもよい。

【 0 1 3 1 】

実施例 1 の望遠レンズについて説明する。図 1 (a) は実施例 1 の望遠レンズの断面構成を示す。

【 0 1 3 2 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、両凸正レンズ L 4 と、両凹負レンズ L 5 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、絞り S とで構成される。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 は接合されている。正レンズ L 4 と負レンズ L 5 は接合されている。負メニスカスレンズ L 6 と正レンズ L 7 は接合されている。

20

【 0 1 3 3 】

第 1 サプレズユニット S U 1 は、正メニスカスレンズ L 1 で構成される。第 2 サプレズユニット S U 2 は、負メニスカスレンズ L 2 と、正メニスカスレンズ L 3 と、正レンズ L 4 と、負レンズ L 5 とで構成される。第 3 サプレズユニット S U 3 は、負メニスカスレンズ L 6 と、正レンズ L 7 とで構成される。

30

【 0 1 3 4 】

第 2 レンズ群 G 2 は、両凸正レンズ L 8 と、両凹負レンズ L 9 とで構成される。ここで、正レンズ L 8 と負レンズ L 9 は接合されている。近距離物点へのフォーカスにおいて、第 2 レンズ群 G 2 は単調に像側へ移動する。

【 0 1 3 5 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 0 で構成される。

【 0 1 3 6 】

第 4 レンズ群 G 4 は、両凸正レンズ L 1 1 と、両凹負レンズ L 1 2 と、両凹負レンズ L 1 3 とで構成される。ここで、正レンズ L 1 1 と負レンズ L 1 2 は接合されている。

【 0 1 3 7 】

40

第 5 レンズ群 G 5 は、両凸正レンズ L 1 4 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 5 と、両凸正レンズ L 1 6 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 7 とで構成される。ここで、正レンズ L 1 4 と負メニスカスレンズ L 1 5 は接合されている。正レンズ L 1 6 と負メニスカスレンズ L 1 7 は接合されている。

【 0 1 3 8 】

また、手ぶれ補正時、第 4 レンズ群 G 4 が光軸 A X と直交する方向に移動する。

【 0 1 3 9 】

実施例 2 の望遠レンズについて説明する。図 1 (b) は実施例 2 の望遠レンズの断面構成を示す。

【 0 1 4 0 】

50

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4と、両凸正レンズL5と、両凹負レンズL6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と、絞りSとで構成される。ここで、負メニスカスレンズL3と正メニスカスレンズL4は接合されている。正レンズL5と負レンズL6は接合されている。

【0141】

第1サブレンズユニットSU1は、正メニスカスレンズL1と、正メニスカスレンズL2とで構成される。第2サブレンズユニットSU2は、負メニスカスレンズL3と、正レンズL4と、正レンズL5と、負レンズL6とで構成される。第3サブレンズユニットSU3は、正メニスカスレンズL7で構成される。

10

【0142】

第2レンズ群G2は、両凸正レンズL8と、両凹負レンズL9とで構成される。ここで、正レンズL8と負レンズL9は接合されている。近距離物点へのフォーカスにおいて、第2レンズ群G2は単調に像側へ移動する。

【0143】

第3レンズ群G3は、両凸正レンズL10と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11とで構成される。ここで、正レンズL10と負メニスカスレンズL11は接合されている。

【0144】

20

第4レンズ群G4は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12と、両凹負レンズL13と、両凹負レンズL14とで構成される。ここで、正メニスカスレンズL12と負レンズL13は接合されている。

【0145】

第5レンズ群G5は、両凸正レンズL15と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL16と、両凸正レンズL17と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL18とで構成される。ここで、正レンズL15と負メニスカスレンズL16は接合されている。正レンズL17と負メニスカスレンズL18は接合されている。

【0146】

また、手ぶれ補正時、第4レンズ群G4が光軸AXと直交する方向に移動する。

30

【0147】

実施例3の望遠レンズについて説明する。図2(a)は実施例3の望遠レンズの断面構成を示す。

【0148】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と、両凸正レンズL7と、絞りSとで構成される。ここで、負メニスカスレンズL2と正メニスカスレンズL3は接合されている。正レンズL4と負レンズL5は接合されている。負メニスカスレンズL6と正レンズL7は接合されている。

40

【0149】

第1サブレンズユニットSU1は、正メニスカスレンズL1で構成される。第2サブレンズユニットSU2は、負メニスカスレンズL2と、正メニスカスレンズL3と、正レンズL4と、負レンズL5とで構成される。第3サブレンズユニットSU3は、負メニスカスレンズL6と、正レンズL7とで構成される。

【0150】

第2レンズ群G2は、両凸正レンズL8と、両凹負レンズL9とで構成される。ここで、正レンズL8と負レンズL9は接合されている。近距離物点へのフォーカスにおいて、第2レンズ群G2は単調に像側へ移動する。

【0151】

50

第3レンズ群G3は、両凸正レンズL10で構成される。

【0152】

第4レンズ群G4は、両凸正レンズL11と、両凹負レンズL12と、両凹負レンズL13とで構成される。ここで、正レンズL11と負レンズL12は接合されている。

【0153】

第5レンズ群G5は、両凸正レンズL14と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と、両凸正レンズL16と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL17とで構成される。ここで、正レンズL14と負メニスカスレンズL15は接合されている。正レンズL16と負メニスカスレンズL17は接合されている。

【0154】

また、手ぶれ補正時、第4レンズ群G4が光軸AXと直交する方向に移動する。

【0155】

実施例4の望遠レンズについて説明する。図2(b)は実施例4の望遠レンズの断面構成を示す。

【0156】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と、両凸正レンズL7と、絞りSとで構成される。ここで、負メニスカスレンズL2と正メニスカスレンズL3は接合されている。正レンズL4と負レンズL5は接合されている。負メニスカスレンズL6と正レンズL7は接合されている。

【0157】

第1サブレンズユニットSU1は、正メニスカスレンズL1で構成される。第2サブレンズユニットSU2は、負メニスカスレンズL2と、正メニスカスレンズL3と、正レンズL4と、負レンズL5とで構成される。第3サブレンズユニットSU3は、負メニスカスレンズL6と、正レンズL7とで構成される。

【0158】

第2レンズ群G2は、両凸正レンズL8と、両凹負レンズL9とで構成される。ここで、正レンズL8と負レンズL9は接合されている。近距離物点へのフォーカスにおいて、第2レンズ群G2は単調に像側へ移動する。

【0159】

第3レンズ群G3は、両凸正レンズL10で構成される。

【0160】

第4レンズ群G4は、両凸正レンズL11と、両凹負レンズL12と、両凹負レンズL13とで構成される。ここで、正レンズL11と負レンズL12は接合されている。

【0161】

第5レンズ群G5は、両凸正レンズL14と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と、両凸正レンズL16と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL17とで構成される。ここで、正レンズL14と負メニスカスレンズL15は接合されている。正レンズL16と負メニスカスレンズL17は接合されている。

【0162】

また、手ぶれ補正時、第4レンズ群G4が光軸AXと直交する方向に移動する。

【0163】

実施例5の望遠レンズについて説明する。図3(a)は実施例5の望遠レンズの断面構成を示す。

【0164】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4と、両凸正レンズL5と、両凹負レンズL6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と、絞りSとで構成される。ここで

10

20

30

40

50

、負メニスカスレンズL 3と正メニスカスレンズL 4は接合されている。正レンズL 5と負レンズL 6は接合されている。

【0165】

第1サブレンズユニットSU 1は、正メニスカスレンズL 1と、正メニスカスレンズL 2とで構成される。第2サブレンズユニットSU 2は、負メニスカスレンズL 3と、正メニスカスレンズL 4と、正レンズL 5と、負レンズL 6とで構成される。第3サブレンズユニットSU 3は、正メニスカスレンズL 7で構成される。

【0166】

第2レンズ群G 2は、両凸正レンズL 8と、両凹負レンズL 9とで構成される。ここで、正レンズL 8と負レンズL 9は接合されている。近距離物点へのフォーカスにおいて、第2レンズ群G 2は単調に像側へ移動する。

10

【0167】

第3レンズ群G 3は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 10と、両凸正レンズL 11とで構成される。ここで、負メニスカスレンズL 10と正レンズL 11は接合されている。

【0168】

第4レンズ群G 4は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 12と、両凹負レンズL 13と、両凹負レンズL 14とで構成される。ここで、正メニスカスレンズL 12と負レンズL 13は接合されている。

【0169】

20

第5レンズ群G 5は、両凸正レンズL 15と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 16と、両凸正レンズL 17と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 18とで構成される。ここで、正レンズL 15と負メニスカスレンズL 16は接合されている。正レンズL 17と負メニスカスレンズL 18は接合されている。

【0170】

また、手ぶれ補正時、第4レンズ群G 4が光軸AXと直交する方向に移動する。

【0171】

実施例6の望遠レンズについて説明する。図3(b)は実施例6の望遠レンズの断面構成を示す。

【0172】

30

第1レンズ群G 1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4と、両凸正レンズL 5と、両凹負レンズL 6と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 7と、両凸正レンズL 8と、絞りSとで構成される。ここで、負メニスカスレンズL 3と正メニスカスレンズL 4は接合されている。正レンズL 5と負レンズL 6は接合されている。負メニスカスレンズL 7と正レンズL 8は接合されている。

【0173】

第1サブレンズユニットSU 1は、正メニスカスレンズL 1と、正メニスカスレンズL 2とで構成される。第2サブレンズユニットSU 2は、負メニスカスレンズL 3と、正メニスカスレンズL 4と、正レンズL 5と、負レンズL 6とで構成される。第3サブレンズユニットSU 3は、負メニスカスレンズL 7と、正レンズL 8とで構成される。

40

【0174】

第2レンズ群G 2は、両凸正レンズL 9と、両凹負レンズL 10とで構成される。ここで、正レンズL 9と負レンズL 10は接合されている。近距離物点へのフォーカスにおいて、第2レンズ群G 2は単調に像側へ移動する。

【0175】

第3レンズ群G 3は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 11と、両凸正レンズL 12とで構成される。ここで、負メニスカスレンズL 11と正レンズL 12は接合されている。

50

【 0 1 7 6 】

第4レンズ群G4は、両凸正レンズL13と、両凹負レンズL14と、両凹負レンズL15とで構成される。ここで、正レンズL13と負レンズL14は接合されている。

【 0 1 7 7 】

第5レンズ群G5は、両凸正レンズL16と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL17と、両凸正レンズL18と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL19とで構成される。ここで、正レンズL16と負メニスカスレンズL17は接合されている。正レンズL18と負メニスカスレンズL19は接合されている。

【 0 1 7 8 】

また、手ぶれ補正時、第4レンズ群G4が光軸AXと直交する方向に移動する。

10

【 0 1 7 9 】

以下に、上記各実施例の数値データを示す。記号は上記の外、rは各レンズ面の曲率半径、dは各レンズ面間の間隔、ndは各レンズのd線の屈折率、dは各レンズのアップベ数である。また、fは全系の焦点距離、Fno.はFナンバー、 ω は半画角、IHは像高、BFはバックフォーカス、全長は、望遠レンズの最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの距離にバックフォーカスを加えたものである。なお、BFは、レンズ最終面から近軸像面までの距離を空気換算して表したものである。

【 0 1 8 0 】

数値実施例1

単位 mm

20

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	82.391	10.50	1.48749	70.23
2	280.921	45.60		
3	82.520	2.96	1.74100	52.64
4	47.128	9.79	1.43700	95.10
5	346.425	1.30		
6	74.653	9.45	1.43700	95.10
7	-119.184	2.38	1.80610	40.92
8	164.514	28.52		
9	77.016	1.90	1.77250	49.60
10	41.957	7.34	1.54814	45.79
11	-263.942	3.95		
12(絞り)		可変		
13	164.735	1.88	1.80810	22.76
14	-172.861	0.97	1.71300	53.87
15	26.686	可変		
16	30.684	3.61	1.49700	81.61
17	529.265	3.30		
18	182.862	3.25	1.80810	22.76
19	-38.287	0.90	1.60311	60.64
20	20.648	5.08		
21	-26.287	0.90	1.71300	53.87
22	124.505	2.28		
23	60.842	8.12	1.58313	59.38
24	-24.754	1.80	1.92286	20.88
25	-40.288	0.29		
26	112.212	9.46	1.72047	34.71
27	-22.904	1.80	1.92286	20.88

30

40

50

28	-44.272	31.75		
29		4.00	1.51633	64.14
30		0.80		
像面				

群間隔

	無限遠物点	1.4m
d12	20.300	37.495
d15	24.210	7.015

10

各種データ (無限遠物点)

焦点距離 f	293.94
Fno	4.08
画角 (2)	4.23 °
像高 IH	10.82
BF(in AIR)	35.19
全長(in AIR)	247.03

【 0 1 8 1 】

数値実施例 2

単位 mm

20

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	152.697	7.35	1.48749	70.23
2	635.660	17.00		
3	65.873	9.98	1.49700	81.61
4	168.604	22.65		
5	83.128	3.00	1.83400	37.16
6	39.401	9.99	1.49700	81.61
7	247.375	0.20		
8	47.092	9.09	1.43700	95.10
9	-375.772	2.50	1.77250	49.60
10	52.273	16.34		
11	103.357	4.29	1.80518	25.46
12	1037.201	4.13		
13(絞り)		可変		
14	5156.932	2.54	1.85478	24.80
15	-52.053	0.90	1.71300	53.87
16	28.700	可変		
17	30.889	6.80	1.49700	81.61
18	-37.936	1.50	1.85478	24.80
19	-60.988	3.10		
20	-230.987	3.79	1.85478	24.80
21	-27.890	1.00	1.69680	55.53
22	34.148	3.37		
23	-44.563	1.00	1.58313	59.38
24	32.470	3.42		
25	43.045	9.01	1.64769	33.79
26	-22.000	1.60	1.92286	20.88
27	-88.862	1.50		

30

40

50

28	72.000	8.75	1.59270	35.31
29	-26.858	1.70	1.92286	20.88
30	-40.716	29.05		
31		4.00	1.51633	64.14
32		0.80		
像面				

群間隔

	無限遠物点	1.4m
d13	20.000	37.439
d16	19.840	2.401

10

各種データ (無限遠物点)

焦点距離 f	294.10
Fno	4.080
画角 (2)	4.23 °
像高 IH	10.82
BF (in AIR)	32.49
全長 (in AIR)	228.83

【 0 1 8 2 】

20

数値実施例 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	83.614	10.60	1.48749	70.23
2	354.620	44.96		
3	121.115	3.20	1.73400	51.47
4	51.291	9.20	1.43875	94.93
5	492.362	1.00		
6	63.414	10.48	1.43875	94.93
7	-127.021	3.06	1.80610	40.92
8	204.246	23.99		
9	73.423	2.67	1.73400	51.47
10	38.139	7.38	1.54814	45.79
11	-653.693	4.07		
12 (絞り)		可変		
13	684.319	2.10	1.80810	22.76
14	-99.610	0.80	1.71300	53.87
15	30.683	可変		
16	35.344	5.38	1.43875	94.93
17	-90.808	3.94		
18	181.821	2.45	1.92286	18.90
19	-68.416	0.90	1.61800	63.40
20	21.925	4.19		
21	-34.422	0.90	1.71300	53.87
22	54.789	3.11		
23	57.947	7.94	1.74951	35.33
24	-24.316	1.80	1.92286	20.88
25	-82.795	0.20		

30

40

50

26	60.000	8.58	1.65412	39.68
27	-26.918	2.30	1.92286	20.88
28	-50.468	30.12		
29		4.00	1.51633	64.14
30		0.80		
像面				

群間隔

	無限遠物点	1.4m
d12	20.350	37.180
d15	24.090	7.260

10

各種データ（無限遠物点）

焦点距離 f	291.04
Fno	4.08
画角（ 2 ）	4.27 °
像高 IH	10.82
BF(in AIR)	33.56
全長(in AIR)	243.20

【 0 1 8 3 】

20

数値実施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	84.042	10.54	1.48749	70.23
2	355.169	45.98		
3	117.315	3.20	1.73400	51.47
4	50.625	9.17	1.43875	94.93
5	436.317	1.00		
6	62.921	10.37	1.43875	94.93
7	-126.963	3.06	1.80610	40.92
8	220.101	23.97		
9	77.092	2.61	1.73400	51.47
10	39.084	7.18	1.54814	45.79
11	-608.540	3.53		
12(絞り)		可変		
13	785.048	2.10	1.80810	22.76
14	-97.884	0.80	1.71300	53.87
15	30.770	可変		
16	35.022	5.52	1.43875	94.93
17	-88.540	3.94		
18	272.276	2.45	1.92286	20.88
19	-57.482	0.90	1.61800	63.40
20	22.993	3.96		
21	-35.578	0.90	1.69680	55.53
22	47.710	3.28		
23	55.325	8.11	1.74951	35.33
24	-23.482	1.80	1.92286	20.88
25	-79.458	0.30		

30

40

50

26	55.293	8.49	1.59551	39.24
27	-27.707	2.30	1.92286	20.88
28	-47.799	29.45		
29		4.00	1.51633	64.14
30		0.80		
像面				

群間隔

	無限遠物点	1.4m
d12	20.300	37.137
d15	23.990	7.153

10

各種データ（無限遠物点）

焦点距離 f	291.00
Fno	4.08
画角（ 2 ）	4.27 °
像高 IH	10.82
BF(in AIR)	32.89
全長(in AIR)	242.64

【 0 1 8 4 】

20

数値実施例 5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	100.000	6.30	1.48749	70.23
2	185.738	30.22		
3	65.495	8.86	1.49700	81.61
4	182.775	31.49		
5	102.065	3.00	1.83400	37.16
6	35.358	9.46	1.49700	81.61
7	353.069	3.03		
8	50.366	8.26	1.43700	95.10
9	-127.828	2.60	1.77250	49.60
10	68.292	3.78		
11	60.689	4.19	1.80518	25.46
12	184.940	3.74		
13(絞り)		可変		
14	3189.272	1.86	1.84666	23.78
15	-102.991	1.00	1.77250	49.60
16	33.769	可変		
17	36.244	1.50	1.84666	23.78
18	25.239	5.84	1.49700	81.61
19	-65.798	3.29		
20	-231.178	3.35	1.80518	25.46
21	-26.952	1.00	1.69680	55.53
22	25.434	3.38		
23	-44.292	1.00	1.58313	59.38
24	58.276	3.30		
25	47.386	6.21	1.64769	33.79

30

40

50

26	-44.237	1.50	1.92286	18.90
27	-72.107	1.11		
28	55.076	9.00	1.69895	30.13
29	-30.980	1.50	1.92286	18.90
30	-100.926	29.84		
31		4.00	1.51633	64.14
32		0.80		

像面

群間隔

10

	無限遠物点	1.4m
d13	21.850	39.351
d16	22.000	4.499

各種データ（無限遠物点）

焦点距離 f 294.00

Fno 4.08

画角（2°） 4.21°

像高 IH 10.82

BF(in AIR) 33.28

全長(in AIR) 236.90

【 0 1 8 5 】

数値実施例 6

単位 mm

20

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	100.000	8.00	1.48749	70.23
2	190.479	30.50		
3	275.922	4.66	1.49700	81.54
4	1341.851	26.00		
5	96.636	3.20	1.83481	42.71
6	58.200	9.57	1.49700	81.54
7	2218.640	0.20		
8	76.585	9.39	1.43875	94.93
9	-156.187	2.60	1.75500	52.32
10	163.211	30.47		
11	204.208	3.00	1.69100	54.82
12	53.155	6.00	1.57135	52.97
13	-239.111	2.68		
14(絞リ)		可変		
15	632.607	2.03	1.85478	24.80
16	-95.464	0.90	1.75500	52.32
17	34.618	可変		
18	29.238	1.85	1.85478	24.80
19	22.213	6.00	1.48749	70.23
20	-96.295	3.10		
21	100.398	3.18	1.85478	24.80
22	-45.430	0.90	1.72916	54.68
23	24.049	3.79		

30

40

50

24	-34.481	0.90	1.69680	55.53
25	46.160	3.30		
26	57.204	6.85	1.60300	65.44
27	-28.719	1.60	1.83400	37.16
28	-56.678	0.64		
29	48.060	10.00	1.61340	44.27
30	-24.953	1.50	1.69895	30.13
31	-83.250	26.79		
32		4.00	1.51633	64.14
33		0.80		

像面

10

群間隔

	無限遠物点	1.4m
d14	21.850	41.737
d17	22.000	2.113

各種データ（無限遠物点）

焦点距離	294.00
Fno	4.08
画角（2°）	4.22°
像高	10.82
BF(in AIR)	30.23
全長(in AIR)	256.89

20

【0186】

以上の実施例1～6の収差図を、それぞれ図4～図6に示す。一つの実施例に対して、無限遠物点合焦時における収差図を示している。また、各図中、“FIY”は最大像高を示す。

これらの収差図において、それぞれ、球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）、倍率色収差（CC）を示す。

30

【0187】

次に、各実施例における条件式の値を掲げる。

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1) d_{su102}/d_{G1}	0.469	0.556	0.477	0.483	0.691	0.518
(2) f_{su1}/f	0.800	0.489	0.762	0.766	0.494	0.925
(3) f_{su1}/d_{su1i2}	5.155	6.344	4.929	4.850	4.614	10.461
(4) $su3pmin$	45.79	25.46	45.79	45.79	25.46	52.97
(5) f_{su3}/f	0.504	0.484	0.572	0.603	0.376	0.969
(6) d_{G1}/L_{TL}	0.482	0.445	0.477	0.480	0.467	0.517
(7) d_{su1s}/d_{G1}	1.033	1.040	1.035	1.030	1.034	1.020
(8) gF_{G5min}	0.639	0.639	0.639	0.639	0.650	0.603
(9) f_{G5}/f	0.100	0.120	0.104	0.105	0.104	0.105
(10) L_{TL}/f	0.845	0.783	0.840	0.838	0.810	0.878
(11) f_{G1}/f	0.436	0.442	0.438	0.438	0.438	0.464
(12) f_{G2}/f	-0.162	-0.155	-0.163	-0.163	-0.156	-0.176
(13) f_{G3}/f	0.222	0.168	0.202	0.199	0.201	0.191
(14) f_{G4}/f	-0.062	-0.065	-0.063	-0.063	-0.065	-0.061
(15) $sub2op$	95.10	81.61	94.93	94.93	81.61	81.54
(16) $sub2ip$	95.10	95.10	94.93	94.93	95.10	94.93
(17) Y_2/Y_{1a}	0.266	0.272	0.272	0.271	0.260	0.269

40

50

(18) Y_{1b}/Y_{1a}	0.755	0.721	0.753	0.749	0.641	0.783
(19) d_{1bp}	95.10	81.61	94.93	94.93	81.61	81.54
(20) D_{12}/D_1	0.469	0.556	0.477	0.483	0.691	0.518

【 0 1 8 8 】

図 7 は、電子撮像装置としての一眼ミラーレスカメラの断面図である。図 7 において、一眼ミラーレスカメラ 1 の鏡筒内には撮影レンズ系 2 が配置される。マウント部 3 は、撮影レンズ系 2 を一眼ミラーレスカメラ 1 のボディに着脱可能とする。マウント部 3 としては、スクリュウタイプのマウントやバヨネットタイプのマウント等が用いられる。この例では、バヨネットタイプのマウントを用いている。また、一眼ミラーレスカメラ 1 のボディには、撮像素子面 4、バックモニタ 5 が配置されている。なお、撮像素子としては、小型の CCD 又は CMOS 等が用いられている。

10

【 0 1 8 9 】

そして、一眼ミラーレスカメラ 1 の撮影レンズ系 2 として、例えば上記実施例 1 ~ 6 に示した望遠レンズが用いられる。

【 0 1 9 0 】

図 8、図 9 は、実施例 1 ~ 6 に示した望遠レンズを有する撮像装置の構成の概念図を示す。図 8 は撮像装置としてのデジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図、図 9 は同後方斜視図である。このデジタルカメラ 40 の撮影光学系 41 に、本実施例の望遠レンズが用いられている。

【 0 1 9 1 】

20

この実施形態のデジタルカメラ 40 は、撮影用光路 42 上に位置する撮影光学系 41、シャッターボタン 45、液晶表示モニター 47 等を含み、デジタルカメラ 40 の上部に配置されたシャッターボタン 45 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 41、例えば実施例 1 の望遠レンズを通して撮影が行われる。撮影光学系 41 によって形成された物体像が、結像面近傍に設けられた撮像素子（光電変換面）上に形成される。この撮像素子で受光された物体像は、処理手段によって電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター 47 に表示される。また、撮影された電子画像は記録手段に記録することができる。

【 0 1 9 2 】

図 10 は、デジタルカメラ 40 の主要部の内部回路を示すブロック図である。なお、以下の説明では、前述した処理手段は、例えば CDS / ADC 部 24、一時記憶メモリ 17、画像処理部 18 等で構成され、記憶手段は、記憶媒体部 19 等で構成される。

30

【 0 1 9 3 】

図 10 に示すように、デジタルカメラ 40 は、操作部 12 と、この操作部 12 に接続された制御部 13 と、この制御部 13 の制御信号出力ポートにバス 14 及び 15 を介して接続された撮像駆動回路 16 並びに一時記憶メモリ 17、画像処理部 18、記憶媒体部 19、表示部 20、及び設定情報記憶メモリ部 21 を備えている。

【 0 1 9 4 】

上記の一時記憶メモリ 17、画像処理部 18、記憶媒体部 19、表示部 20、及び設定情報記憶メモリ部 21 は、バス 22 を介して相互にデータの入力、出力が可能とされている。また、撮像駆動回路 16 には、CCD 49 と CDS / ADC 部 24 が接続されている。

40

【 0 1 9 5 】

操作部 12 は、各種の入力ボタンやスイッチを備え、これらを介して外部（カメラ使用者）から入力されるイベント情報を制御部 13 に通知する。制御部 13 は、例えば CPU などからなる中央演算処理装置であって、不図示のプログラムメモリを内蔵し、プログラムメモリに格納されているプログラムにしたがって、デジタルカメラ 40 全体を制御する。

【 0 1 9 6 】

CCD 49 は、撮像駆動回路 16 により駆動制御され、撮像光学系 41 を介して形成さ

50

れた物体像の画素ごとの光量を電気信号に変換し、CDS / ADC部24に出力する撮像素子である。

【0197】

CDS / ADC部24は、CCD49から入力する電気信号を増幅し、かつ、アナログ / デジタル変換を行って、この増幅とデジタル変換を行っただけの映像生データ（バイヤーデータ、以下RAWデータという。）を一時記憶メモリ17に出力する回路である。

【0198】

一時記憶メモリ17は、例えばSDRAM等からなるバッファであり、CDS / ADC部24から出力されるRAWデータを一時的に記憶するメモリ装置である。画像処理部18は、一時記憶メモリ17に記憶されたRAWデータ又は記憶媒体部19に記憶されているRAWデータを読み出して、制御部13にて指定された画質パラメータに基づいて歪曲収差補正を含む各種画像処理を電氣的に行う回路である。

10

【0199】

記憶媒体部19は、例えばフラッシュメモリ等からなるカード型又はスティック型の記録媒体を着脱自在に装着して、これらのフラッシュメモリに、一時記憶メモリ17から転送されるRAWデータや画像処理部18で画像処理された画像データを記録して保持する。

【0200】

表示部20は、液晶表示モニター47などにて構成され、撮影したRAWデータ、画像データや操作メニューなどを表示する。設定情報記憶メモリ部21には、予め各種の画質パラメータが格納されているROM部と、操作部12の入力操作によってROM部から読み出された画質パラメータを記憶するRAM部が備えられている。

20

【0201】

このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41として本実施例の望遠レンズを採用することで、小型軽量でありながら、画質を劣化させずに高解像の画像を得るのに有利な撮像装置とすることが可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0202】

以上のように、本発明には、光学系の小径化が達成されると共に、諸収差の発生が良好に抑制された望遠レンズ及びそれを有する撮像装置に適している。

30

【符号の説明】

【0203】

- G1 第1レンズ群
- G2 第2レンズ群
- G3 第3レンズ群
- G4 第4レンズ群
- G5 第5レンズ群
- GR リアレンズ群
- S 開口絞り
- I 像面
- 1 一眼ミラーレスカメラ
- 2 撮影レンズ系
- 3 鏡筒のマウント部
- 4 撮像素子面
- 5 バックモニタ
- 12 操作部
- 13 制御部
- 14、15 バス
- 16 撮像駆動回路
- 17 一時記憶メモリ

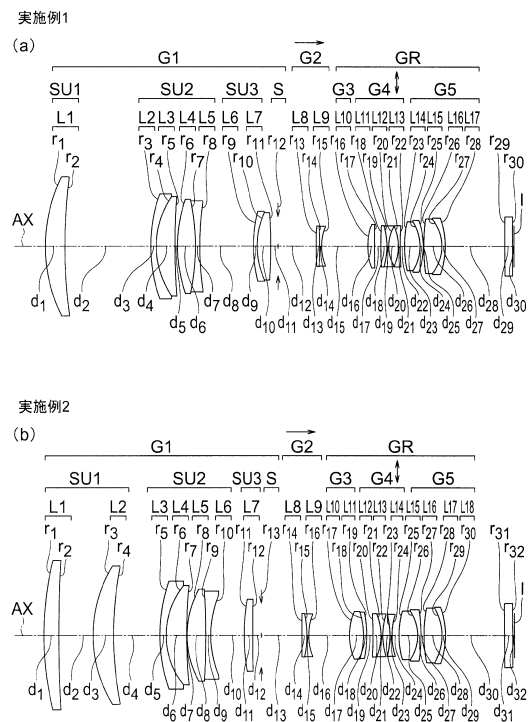
40

50

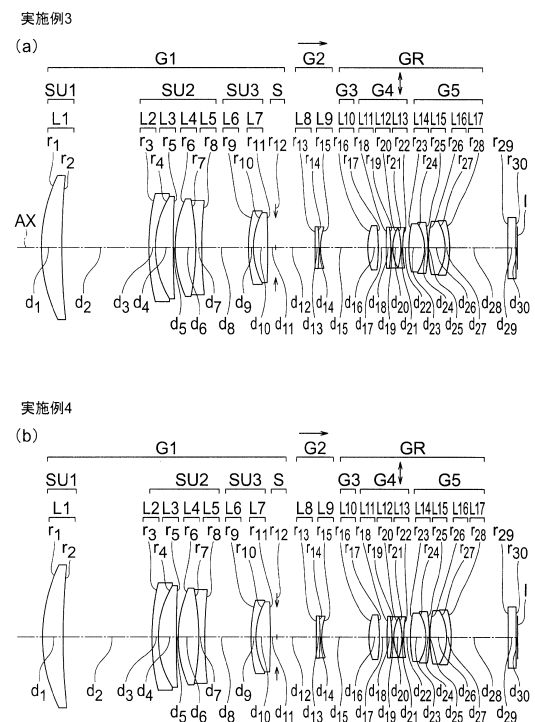
- 1 8 画像処理部
- 1 9 記憶媒体部
- 2 0 表示部
- 2 1 設定情報記憶メモリ部
- 2 2 バス
- 2 4 C D S / A D C 部
- 4 0 デジタルカメラ
- 4 1 撮影光学系
- 4 2 撮影用光路
- 4 5 シャッターボタン
- 4 7 液晶表示モニター
- 4 9 C C D

10

【図 1】

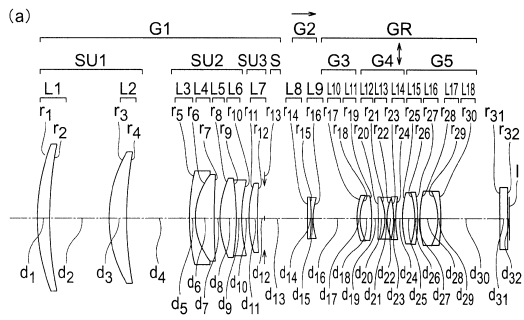


【図 2】

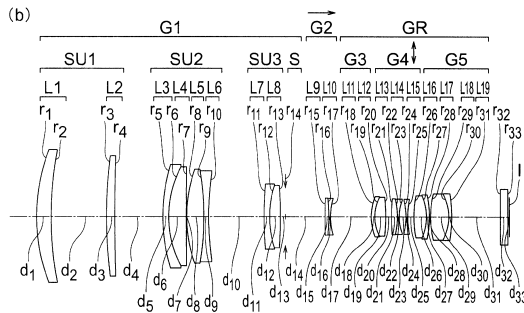


【図 3】

実施例5

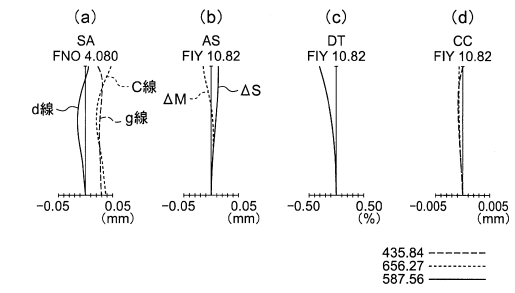


実施例6

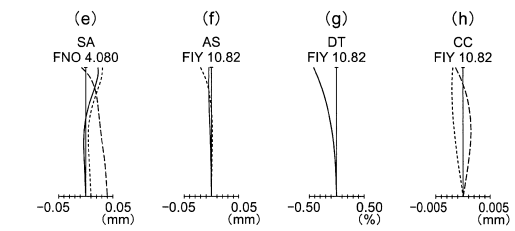


【図 4】

実施例1

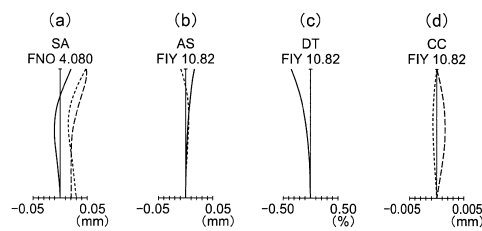


実施例2

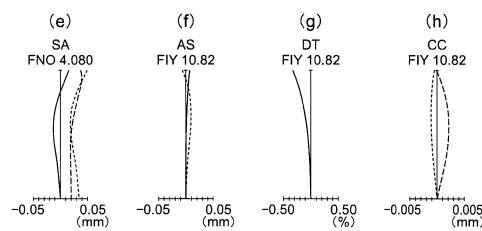


【図 5】

実施例3

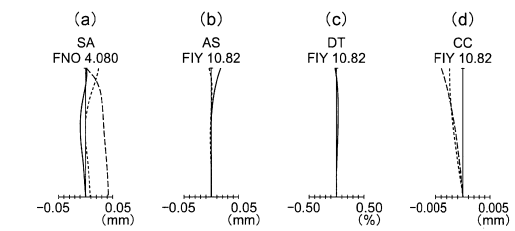


実施例4

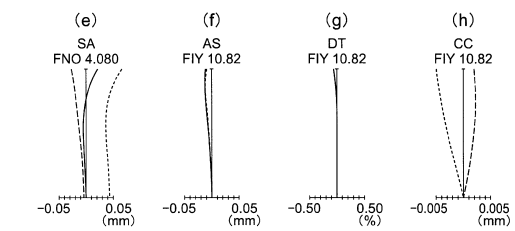


【図 6】

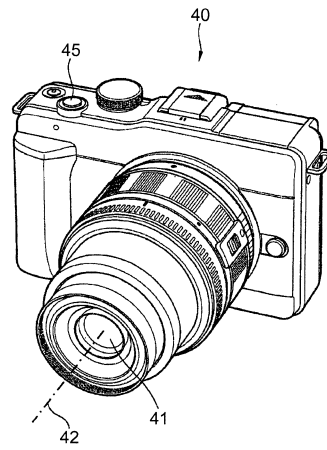
実施例5



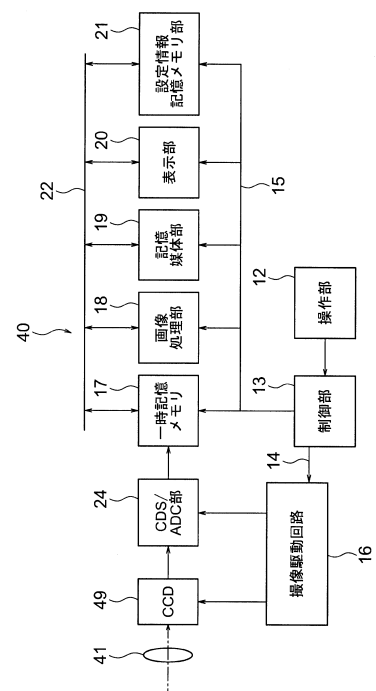
実施例6



【圖 8】



【 図 1 0 】



フロントページの続き

審査官 殿岡 雅仁

- (56)参考文献 特開2000-284171(JP,A)
特開2013-218266(JP,A)
特開2013-218267(JP,A)
特開2012-008352(JP,A)
特開2014-081457(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0300804(US,A1)
特開2012-242689(JP,A)
特開2015-011171(JP,A)
特開平09-005624(JP,A)
特開平11-119092(JP,A)
特開2014-211499(JP,A)
特開2013-003354(JP,A)
特開2005-321574(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	9/00	-	17/08
G02B	21/02	-	21/04
G02B	25/00	-	25/04